

VYUŽITÍ VYSOKOTEPLOTNÍCH IZOLACÍ TEPELNÝCH AGREGÁTŮ VE SLÉVÁRENSTVÍ

UTILIZATION OF HEAT AGGREGATES HIGH TEMPERATURE INSULATION IN FOUNDRY

P. GRMOLENSKÁ¹, M. PŘIBYL²

ABSTRAKT: Předkládaná publikace pojednává o nových skladbách vyzdívek licích pánví a tepelných agregátů používaných ve slévárnách kovů, především ve slévárnách oceli a litiny. Hlavním důvodem pro integraci velmi účinných žárovzdorných izolací do vyzdívek je potřeb a snížení energetické náročnosti výroby a stabilizace licích teplot. Prezentované výsledky dokazují, že těchto cílů lze dosáhnout cestou izolací tepelných zařízení.

ABSTRACT: Given paper describes the new refractory linings concept of the casting ladles and other furnaces used especially in steel and cast-iron foundry. Main reason for the integration of the high-performance high temperature insulations into the linings is the need to lower energy demands and stabilise casting temperatures. Presented results prove that using high temperature insulation in the heat aggregates can attain these targets.

KLÍČOVÁ SLOVA: vysokoteplotní izolace, úspory energií, stabilizace licích teplot

KEY WORDS: high temperature insulation, lowering energy demands, casting temperatures stabilisation

1 ÚVOD

Začlenění vysokoteplotních izolačních materiálů do konceptů vyzdívek licích pánví, tavicích pecí a obecně všech tepelných agregátů nabývá na významu a to obzvláště v době, kdy se většina hutních provozů potýká s nutností omezit vstupní náklady. Řada zkušeností s aplikacemi účinných izolací do vyzdívek hutních agregátů ukázala, že tepelné ztráty je možno použitím izolačních materiálů výrazně omezit. Navíc se ukazuje, že kromě snížení tepelných ztrát při provozu izolovaných hutních agregátů lze docílit i dalších přínosů, které příznivě ovlivňují průběh i kvalitu tavicích a licích procesů.

Současná ekonomická situace způsobuje snížení objemu výroby ve většině metalurgických provozech a vzniká tak prostor pro možnosti inovace zařízení a začlenění izolačních materiálů.

2 PŘEHLED NEJČASTĚJI POUŽÍVANÝCH VYSOKOTEPLOTNÍCH IZOLACÍ

Pro izolování hutnických agregátů je možno použít poměrně široký sortiment izolačních materiálů. Především je třeba zmínit mikroporézní materiály (obr. 1), které vzhledem ke své mimořádně nízké tepelné vodivosti nejvýznamněji ovlivňují teplotní profil ve vyzdívece. Hlavní parametry mikroporézních desek PROMALIGHT® jsou stručně uvedeny v Tab. 1.

¹ Ing. Pavla Grmolenská – Promat s.r.o., Divize HTI, Ostrava

² Dr. Ing. Michal Přibyl – Promat s.r.o., Divize HTI, Praha

Z ostatních vysokoteplotních izolačních materiálů je možno jmenovat lehčené žárovzdorné cihly PROMATON® (obr. 2), desky z keramických vláken PROMAFORM® (obr. 3), případně tuhé bezazbestové desky PROMAPACK® (obr. 4), apod. Tyto materiály jsou obvykle ve vyzdívce zařazeny před mikroporézní desky, kde fungují jako ochrana, protože teplota na lícové straně mikroporézních desek by neměla překročit teplotu 950°C. Vybrané parametry nejběžněji používaných typů těchto materiálů jsou uvedeny v Tab. 2.

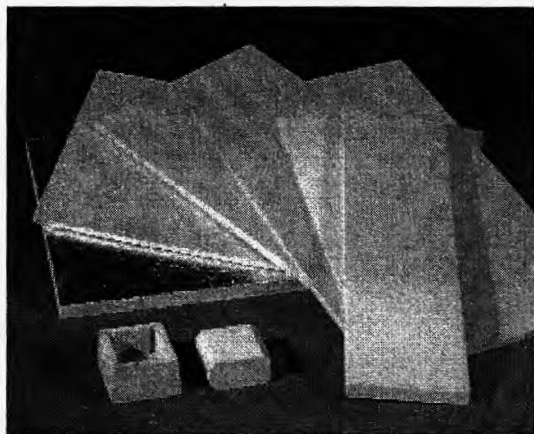
Pro izolace agregátů tepelného zpracování je možno použít nejrůznějších modulových systémů z rohoží z keramických vláken ALSIFLEX®. Jedná se o systémy lepených modulů a přířezů na ocelový plášť – ALSIBLOCK® a ALSIPACK® nebo kotvených na ocelové trny – ALSITHERM® a PROMACOMB®.

Tab. 1 – Vybrané technické parametry mikroporézních desek [1]

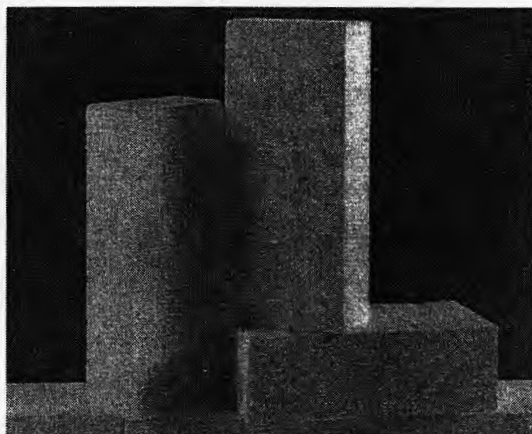
Vlastnosti	PROMALIGHT		
	-330	-Alu 1000	-FP 1000
klasifikační teplota (°C)	1 000	1 000	1 000
objemová hmotnost (kg/m ³)	310	300	280 - 350
pevnost v tlaku (Mpa)	3,3	1,4	1,0
pevnost v ohybu (Mpa)	0,33	0,2	-
tepelná vodivost (W/mK) při 800°C	0,038	0,044	0,050

Tab. 2 – Technické parametry vybraných izolačních materiálů [1]

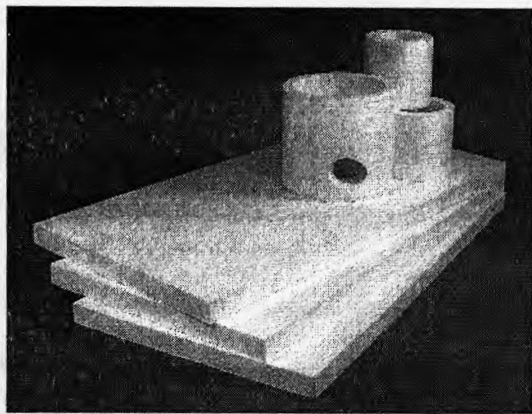
Vlastnosti	PROMATON 135/1,0	PROMAFORM -1260/500	PROMAPACK -900
klasifikační teplota (°C)	1 400	1 260	1 100
objemová hmotnost (kg/m ³)	1 000	330 - 540	1 030
pevnost v tlaku (Mpa)	8,0	0,7	-
pevnost v tahu (Mpa)	-	-	2,5 - 5,0
tepelná vodivost (W/mK) při 800°C	0,38	0,15	0,13



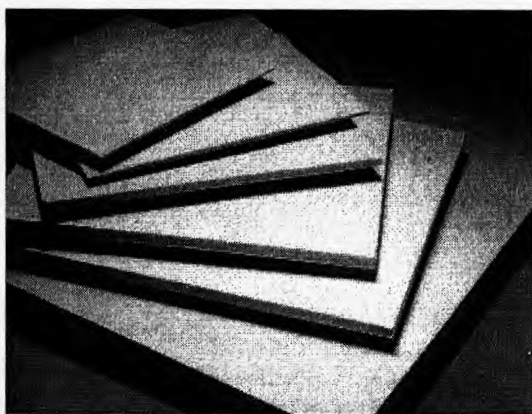
Obr. 1 – Mikroporézní izolační desky PROMALIGHT®



Obr. 2 – Lehčené izolační cihly PROMATON®



**Obr. 3 – Desky z keramických vláken
PROMAFORM®**



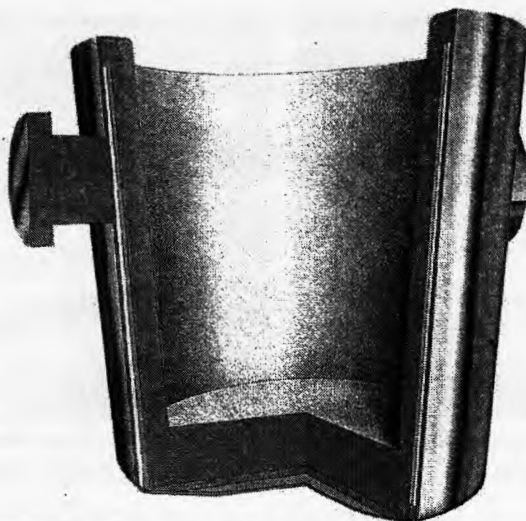
**Obr. 4 – Pevné bezazbestové desky
PROMAPACK®**

3 TEPELNÁ IZOLACE LICÍCH PÁNÍ

Licí pánve jsou jedním z klíčových článků při výrobě a odlévání oceli, litiny či různých slitin železných i neželezných kovů. Pokles teploty kovu při transportu a následném liti způsobený intenzivním sdílením tepla s okolím má zásadní vliv na technologické podmínky odlévání kovu. Významnými vlivy v důsledku omezení prostupu tepla vyzdívkou jsou snížení teploty povrchu ocelového pláště, stabilizace teplot v pracovní a trvalé vyzdívice, úspora topného média spotřebovaného na ohřev pánve, zeslabení tloušťky žárovzdorné vyzdívky a tím i redukce její hmotnosti a zvýšení kapacity pánve, ale z hlediska technologického a metalurgického jsou nejvýznamnějšími vlivy snížení propadu licích teplot a snížení teploty přehřívání kovu. Izolování pánve tedy umožňuje prodloužit licí interval nebo snížit odpichovou teplotu na peci.

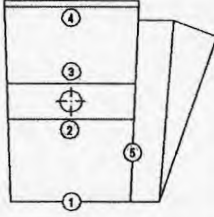
Za účelem ověření účinku izolace na snížení propadu licích teplot bylo provedeno měření a to na transportní pánvi na tvárnou litinu s maximální kapacitou 1t. Množství převáženého kovu se pohybovalo v závislosti na potřebách technologie v rozmezí 500 – 750 kg. Na **obr. 5** jsou uvedeny skladby jednotlivých vyzdívek, hodnoty tepelných toků stěnami i dnem pánví i povrchové teploty pláště. Uvedené hodnoty byly získány pomocí výpočtů prostupu tepla původní i novou vyzdívkou.

Teoretické výpočty i praktická měření ukázaly, že při použití mikroporézní izolace PROMALIGHT -FP, resp. materiálů PROMATON -26 I a PROMAPACK -1200 lze významně snížit tepelný tok stěnami i dnem pánve a tím samozřejmě redukovat povrchovou teplotu pláště. Teoreticky vypočtené teploty se podle provedených měření poměrně dobře shodovaly s teplotami naměřenými (viz **obr. 6**). Větší rozdíly jsou v naměřených teplotách dna. Tady jsou naměřené hodnoty nižší, než vycházejí výpočtem. Důvodem je to, že u menších pánví nastává tzv. „komínový efekt“, kdy teplo prostupuje ve zvýšené míře směrem vzhůru vyzdívkou a nikoliv kolmo na ni, jak předpokládá výpočet. Efekt se tedy projeví zejména u dna, které má nižší teplotu oproti vypočtené, a částečně i u stěn. Je možno doplnit, že zmíněný efekt ukazuje na zásadní význam izolace hladiny kovu (víko pánve, izolační zásyp) během provozu.

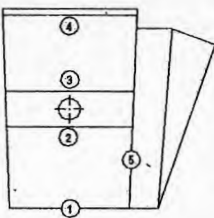


Koncept vyzdívky		Prostup tepla Δ	
Stará vyzdívka	Nová vyzdívka	Stará vyzdívka	Nová vyzdívka
Boky: ULCC papír z ker. vlákna	Boky: ULCC PROMATON -26 PROMALIGHT -FP1000	Boky: Ti: 1460°C Ta: 339°C Q: 16 852 W/m ²	Boky: Ti: 1460°C Ta: 245°C Q: 4 561 W/m ²
Dno: ULCC papír z ker. vlákna	Dno: ULCC PROMATON -26 PROMAPACK -1200	Dno: Ti: 1460°C Ta: 350°C Q: 16 759 W/m ²	Dno: Ti: 1460°C Ta: 300°C Q: 7 980 W/m ²

Obr. 5 – Složení vyzdívky a prostupy tepla zkušebními pánevmi

	Povrchové teploty			
	Teoretický výpočet		Naměřené hodnoty	
	Teplota lití	1414 °C	Teplota lití	1414 °C
	Hmotnost	530 kg	Hmotnost	530 kg
	1-dno pánve	259 °C	1-dno pánve	216 °C
	2-pod věncem	240 °C	2-pod věncem	236 °C
	3-nad věncem	240 °C	3-nad věncem	204 °C
	4-pod okrajem	240 °C	4-pod okrajem	160 °C
	5-kritické místo	240 °C	5-kritické místo	232 °C

Obr. 6 – Porovnání povrchových teplot s teoretickým výpočtem

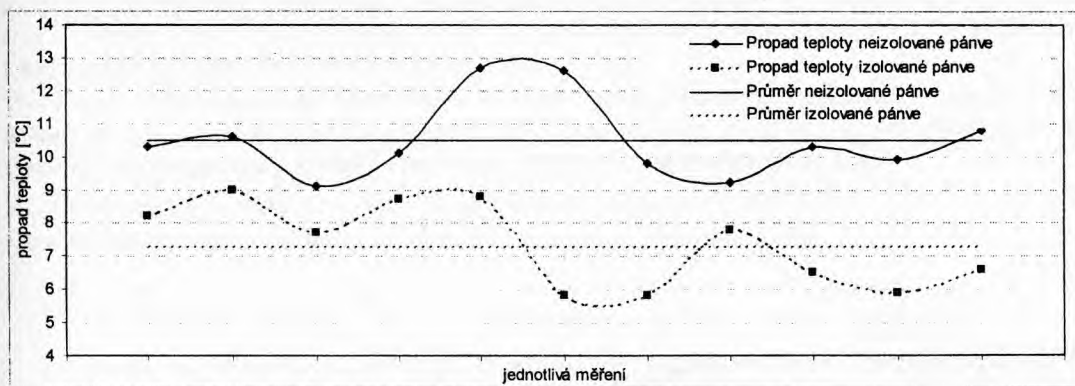
	Povrchové teploty			
	Naměřené hodnoty Stará vyzdívka		Naměřené hodnoty Nová vyzdívka	
	Teplota lití	1422 °C	Teplota lití	1414 °C
	Hmotnost	535 kg	Hmotnost	530 kg
	1-dno pánve	262 °C	1-dno pánve	216 °C
	2-pod věncem	296 °C	2-pod věncem	236 °C
	3-nad věncem	232 °C	3-nad věncem	204 °C
	4-pod okrajem	168 °C	4-pod okrajem	160 °C
	5-kritické místo	405 °C	5-kritické místo	232 °C

Obr. 7 – Porovnání naměřených povrchových teplot zkušebními pánevmi

Velmi zajímavých výsledků bylo dosaženo při měření propadu teplot při lití. Za účelem získání potřebných hodnot byl naplánován experiment se dvěma pánvemi. Při souběžném provozu původní pánve a pánve s izolovanou vyzdívkou byly měřeny teploty kovu na počátku a konci lití. Pánve se pravidelně střídaly, aby se podmínky provozu obou pánví nelišily. Měření, či zaznamenávání byly tyto hodnoty:

- délka trvání lící periody
- teploty na počátku a konci lití
- hmotnost kovu v pánvi
- povrchové teploty pláště

Z prvních dvou parametrů byla vypočtena rychlost chladnutí kovu v pánvi, povrchové teploty pláště byly již proměřovány dříve a došlo pouze k jejich zaznamenání za účelem úplnosti experimentu. Na základě vyhodnocení měření lících teplot můžeme konstatovat, že průměrný rozdíl mezi propady teplot kovu během lití mezi pánví s původní a izolovanou vyzdívkou je $3,2^{\circ}\text{C}/\text{min}$ (obr. 8). V praxi to tedy znamená, že kov v pánvi s původní vyzdívkou vychladne po uběhnutí standardní lící periody (cca 4 minuty) o $12,8^{\circ}\text{C}$ více než v pánvi s novou vyzdívkou. K tomuto je však třeba uvést, že hodnota $3,2^{\circ}\text{C}/\text{min}$ je hodnotou průměrnou pro prvních 11 lití z každé pánve. Jak je však zřejmé z grafu na obrázku č.8, rozdíl propadů lících teplot mezi oběma zkušebními pánvemi se postupně prohlubuje. Důvodem této tendence je skutečnost, že při prvních litích (cca 5) ještě vyzdívky obou pánví akumulují teplo a rozdíl mezi propady je tedy menší. Po uplynutí vyššího počtu lití se vylepšená izolace uplatní více a lze tedy očekávat, že se rozdíl propadů lících teplot mezi oběma pánvemi postupně ustálí na vyšších hodnotách, než $3,2^{\circ}\text{C}/\text{min}$.



Obr. 8 – Propad lících teplot pro prvních 11 lití

Zhruba v polovině běžné kampaně pánve byla rovněž provedena vizuální kontrola stavu pracovní vyzdívky. Zvýšená koroze žárobetonu nebyla pozorována. Navíc zmizely nálepy, zejména v místě přechodu do lící hubice, kde dříve docházelo k „zamrzání“ kovu. Zdá se tedy, že lepší prohřátí pracovní vrstvy se v tomto ohledu projevílo pozitivně [2].

4 IZOLACE DALŠÍCH TEPELNÝCH ZAŘÍZENÍ

Dalších úspor a zlepšení z technologického hlediska lze dosáhnout zaizolováním i jiných tepelných agregátů (např. elektrických obloukových pecí), použitím ohřevových a transportních vík s vláknitou izolací, atd.

Zpracováním izolačních materiálů do vyzdívek elektrických obloukových pecí lze očekávat především úsporu nákladů na spotřebu elektrické energie během tavby, dále snížení tloušťky žárovzdorné vyzdívky a tudíž i zvýšení kapacity pece. Vyhodnocením provozních údajů bylo zjištěno, že úspora elektrické energie u izolovaných EOP je významná a dosahuje hodnot 4 – 7%, záleží samozřejmě na rozsahu provedení izolací.

5 ZÁVĚR

Experimentální měření prokázaly, že začleněním kvalitních izolačních materiálů do skladby vyzdívky licích pánví dojde ke stabilizaci teploty kovu a tudíž i ke snížení propadu licích teplot. Těchto výsledků lze využít v závislosti na potřebách technologie výroby v konkrétní slévárně, či ocelárně. Nabízí se možnost prodloužit licí periodu, snížit odpichovou teplotu pece, apod.

Nemalých úspor lze ovšem dosáhnout i izolacemi dalších tepelných zařízení jako např. EOP, indukční pece, tavicí pece obecně, dále udržovací pece, ohřevová a transportní víka, zařízení tepelného zpracování, atd. a to při velmi příznivé návratnosti vložené investice.

6 LITERATURA

- [1] PROMAT s.r.o., Praha. Vysokoteplotní konstrukční a izolační materiály.
- [2] PŘIBYL, M., KAVAN, V., NOVÁK, M. Nové skladby vyzdívek tepelných agregátů.
In Žiaromateriály, pece a tepelné izolace. Podbánské, 2004, p. 54-61. ISBN 80-8073-087-3.